

**[Title of the Invention] Welding method**

**[Claims]**

1. A welding method characterized by performing arc welding on weld metal by using a welding material of which martensite transformation expansion terminates at room temperature where the welding is complete or in its vicinity, and a shielding gas containing carbon dioxide gas.

2. The welding method of claim 1, wherein the welding material is an alloy containing Ni and Cr.

3. The welding method of claim 1 or 2, wherein the shielding gas contains carbon dioxide gas by 10% or more, and also contains an inert gas.

4. The welding method of any one of claims 1 to 3, wherein it is performed as repair welding.

**[Detailed Description of the Invention]**

**[Technical Field]**

The present invention relates to a welding method. More particularly, the invention relates to a new arc welding method suited to welding while improving the fatigue strength and preventing weld crack, and also useful for repair welding of structure.

**[Background Art]**

Hitherto, in welding of structure or in welding for repair, tensile residual stress was often induced in the weld zone due to shrinkage by cooling, and the fatigue strength of weld zone was lowered extremely, and weld crack was inevitable. The conventional welding method had such problems because the weld metal shrinks near room temperature at the final stage of welding to induce tensile residual stress, and the fatigue strength is extremely lowered due to this stress ratio effect. The tensile residual stress results in cracks.

The invention is intended, as described above, to solve the problems of the prior

**BEST AVAILABLE COPY**

art, and presents a new and improved arc welding method capable of easily increasing the compressive residual stress induced at the end portion of welding by deepening the penetration of weld metal, and effective for improving fatigue strength and preventing weld crack.

**[Means for Solving Problems]**

To solve the problems, a first aspect of the invention presents a welding method characterized by performing arc welding on weld metal by using a welding material of which martensite transformation expansion terminates at room temperature where the welding is complete or in its vicinity, and a shielding gas containing carbon dioxide gas.

Concerning this method, in a second aspect of the invention, the welding material is an alloy containing Ni and Cr, in a third aspect, the shielding gas contains carbon dioxide gas by 10 % or more, and also contains an inert gas, and in a fourth aspect, it is performed as repair welding.

**[Embodiments of the Invention]**

The invention has the features as mentioned above, and the welding method of the invention is, in principle, characterized by applying a compressing welding residual stress to the weld zone by making use of transformation expansion of welding material, enhancing the fatigue strength of weld zone by its stress ratio effect, and welding without inducing weld crack in the object having intrinsic problem of weld crack.

The welding material is a material which terminates its martensite transformation expansion at room temperature where the welding is complete or in its vicinity. Such welding material may be properly selected from alloy materials containing Ni and Cr. Generally, a preferred example is an iron-based alloy in the chemical composition (wt. %) of Ni: 2 to 20 %, Cr: 2 to 20, C (carbon): 0.5 or less, Si: 0.5 or less, Mn: 2.0 or less, and Mo: 0.5 or less.

As required, of course, Nb, Ti, Al, W, Ta, V, Hf, or Zr may be added by 0.5 % or less. The total content of metal elements excluding Ni and Cr should be preferably 5.0 % or less. The shielding gas for welding contains, in the invention, carbon dioxide gas (CO<sub>2</sub>),

and is preferably a mixed gas with inert gas such as Ar (argon), or carbon dioxide gas alone without containing inert gas. In the case of mixed gas, the concentration of carbon dioxide gas is at least 10 vol. % or more, preferably 20 vol. % or more. Most preferably, the shielding gas is 100 % CO<sub>2</sub>.

Welding is arc welding. In this invention, by using a welding rod of which transformation terminates near room temperature and a shielding gas containing carbon dioxide gas, the weld metal penetrates deeply into the base metal side, and the residual stress near the welding end portion is easily compressed. As a result, the fatigue strength of weld zone is improved, and weld crack is prevented.

The method of the invention is more specifically described below by referring to an embodiment.

**[Embodiment]**

As shown in Fig. 1, a joint structure was formed by welding an annex 2 to a main steel plate 1 by angular rotation welding. The main steel plate 1 has a thickness of 20 mm, a width of 240 mm, and a length of 800 mm, and the annex 2 has a thickness of 20 mm, a height of 50 mm, and a length of 150 mm, and starting from the middle between the ends in the longitudinal direction of the annex 2, welding was performed to right and left A, B, to the middle between the ends in the opposite direction. A welding layer 3 was a single layer.

A welding material rod is an iron-based alloy of 1.2 mm in diameter, in the composition of 0.025 wt. % of C, 0.32 wt. % of Si, 0.70 wt. % of Mn, 10 wt. % of Ni, 10 wt. % of Cr, and 0.13 wt. % of Mo. Terminating martensite transformation near room temperature, this alloy induces compressive residual stress in weld metal as shown by solid line in Fig. 2.

Fig. 3 shows results of welding by changing the shield gas. That is, 98 % Ar and 2 % O<sub>2</sub> (conventional shielding gas) in (a), 80 % Ar and 20 % CO<sub>2</sub> in (b), and 100 % CO<sub>2</sub> in (c). In the case of (c), penetration into the plate inside is deeper. By build-up welding for filling the shrinkage cavities of cast products, the conventional welding method caused

weld cracks due to welding tensile residual stress, but the build-up welding by the method of the invention did not produce weld crack. In this embodiment, shrinkage cavities were repaired, but it may be also used in repair of welding defects.

Fig. 4 is an S-N curve showing fatigue characteristic. The fatigue characteristic of conventional welding joint indicated by circle mark is located at the left side of the diagram, and the characteristic of the joint by the method of the invention indicated by triangle mark is located at the right side, and the fatigue strength of the joint of the invention is improved as compared with that of the conventional one. Next, by repair welding by the method of the invention, an example of improved fatigue strength is shown. By repeating stress in a range of 100 MPa, the conventional joint produced fatigue crack in  $1.72 \times 10^5$  times. Removing this crack, by repairing by build-up welding according to the method of the invention, the stress was applied repeatedly in the same condition, and no crack was formed in the life of 40 times longer. Fig. 5 shows distribution of welding residual stress along the plate width before and after repair. In the conventional joint, the residual stress in the middle of plate thickness is tensile as indicated by broken line, while the welding residual stress after repairing by the method of the invention is compressive in the middle of plate thickness.

#### **[Effects of the Invention]**

As described specifically above, the method of the invention realizes to render the high tensile residual stress easily compressive without requiring complicated welding process, which was inevitable in a conventional weld structure, and hence improves the fatigue strength and prevents weld crack.

Since the fatigue strength of weld zone is improved and weld crack is prevented without using complicated welding process, the reliability of weld structure is enhanced, and the process is simplified, and great economic effects are brought about.

#### **[Brief Description of Drawings]**

Fig. 1 is a plan view and front view of example of joint by angular rotation welding in an embodiment.

**Fig. 2 is a diagram showing changes of stress caused in weld metal, being confined by cooling.**

**Fig. 3 shows sectional photographs instead of drawings showing the difference in depth of penetration of weld metal by various types of shielding gas.**

**Fig. 4 is a fatigue S-N curve.**

**Fig. 5 is a distribution diagram of welding residual stress by repair welding.**

**[Reference Numerals]**

- 1 Main steel plate**
- 2 Annex**
- 3 Welding layer**

**[Abstract]**

**[Problem]** To prevent a new improved welding method capable of easily increasing the compressive residual stress induced in welding stopping end portion by deepening penetration of weld metal, and effective for improving the fatigue strength and preventing weld crack.

**[Solving Means]** Arc welding is applied to weld metal by using a welding material of which martensite transformation expansion terminates at room temperature where the welding is complete or in its vicinity, and a shielding gas containing carbon dioxide gas.

Fig.1

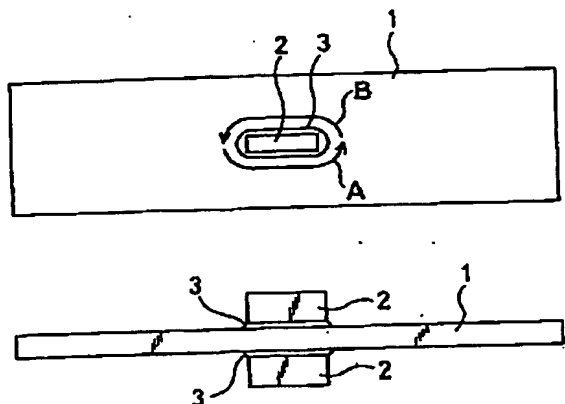


Fig.2

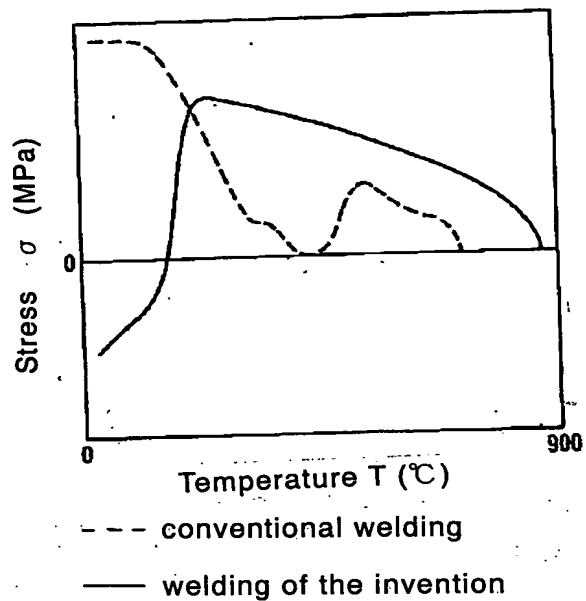


Fig.4

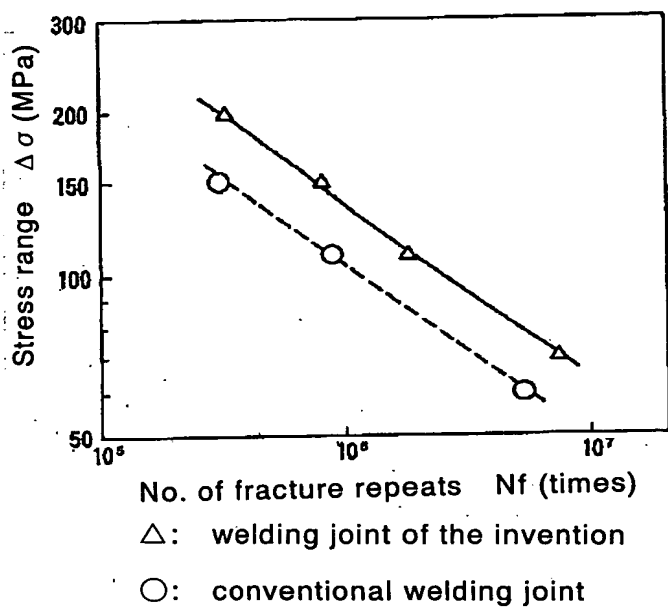


Fig.5

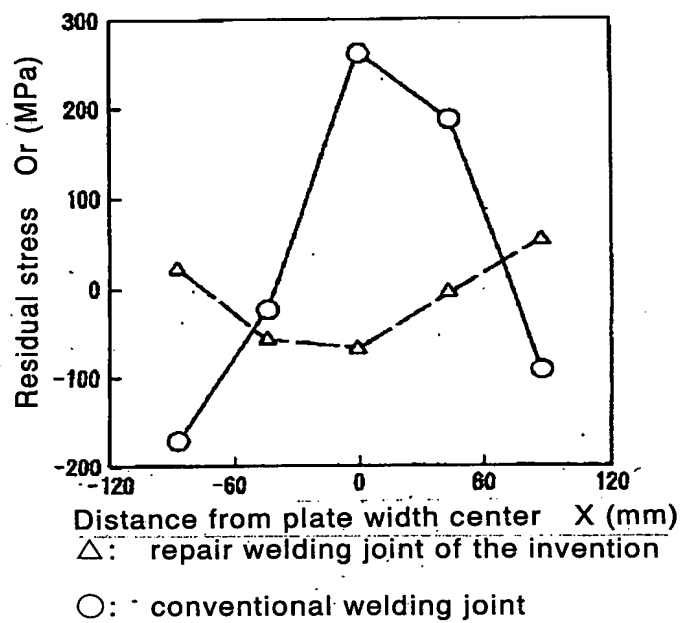
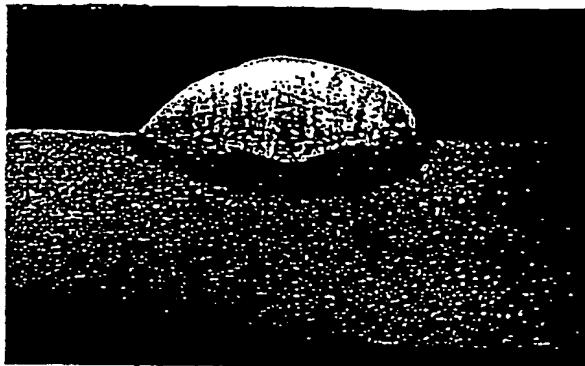
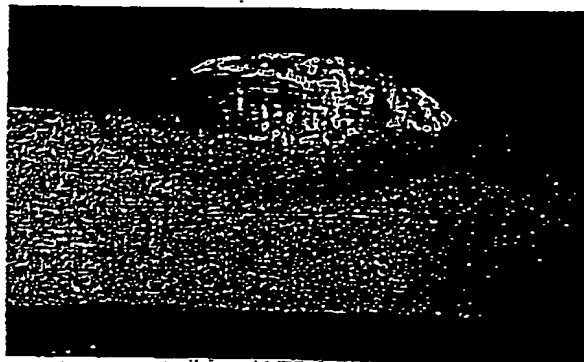


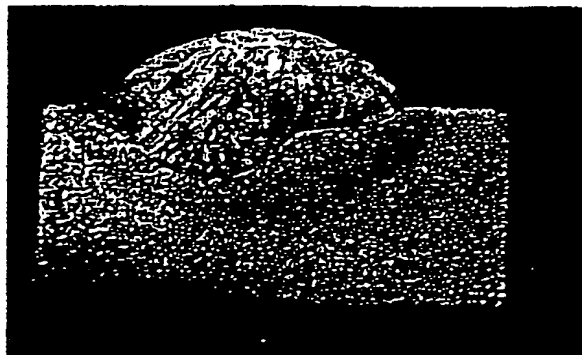
Fig.3



(a) 98%Ar+2%O<sub>2</sub>



(b) 80%Ar+20%CO<sub>2</sub>



(c) 100%CO<sub>2</sub>

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 1)

(11)特許番号

特許第3010211号  
(P3010211)

(45)発行日 平成12年2月21日(2000.2.21)

(24)登録日 平成11年12月10日(1999.12.10)

| (51)Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I                   |
|--------------------------|-------|-----------------------|
| B 2 3 K 9/16             |       | B 2 3 K 9/16 J        |
| 31/00                    |       | 31/00 D               |
| 35/30                    | 3 2 0 | 35/30 3 2 0 A         |
| // C 2 2 C 38/00         | 3 0 2 | C 2 2 C 38/00 3 0 2 Z |
| 38/44                    |       | 38/44                 |

請求項の数4(全 5 頁) 最終頁に続く

|          |                     |          |  |
|----------|---------------------|----------|--|
| (21)出願番号 | 特願平10-253903        | (73)特許権者 | 390002901<br>科学技術庁金属材料技術研究所長<br>茨城県つくば市千現一丁目2番1号 |
| (22)出願日  | 平成10年9月8日(1998.9.8) | (72)発明者  | 太田 昭彦<br>茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科<br>学技術庁金属材料技術研究所内    |
| 審査請求日    | 平成10年9月8日(1998.9.8) | (72)発明者  | 鈴木 直之<br>茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科<br>学技術庁金属材料技術研究所内    |
|          |                     | (72)発明者  | 前田 芳夫<br>茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科<br>学技術庁金属材料技術研究所内    |
|          |                     | 審査官      | 神崎 孝之  |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 溶接方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 溶接が完了する室温もしくはその付近でマルテンサイト変態膨張が終了する溶接材料と炭酸ガス含有シールドガスとを用いて被溶接金属にアーク溶接を行うことを特徴とする溶接方法。

【請求項2】 溶接材料は、NiとCrとを含有する合金である請求項1の溶接方法。

【請求項3】 シールドガスは、炭酸ガスを10%以上含有し、不活性ガスを含有する請求項1または2の溶接方法。

【請求項4】 補修溶接として行われる請求項1ないし3のいずれかの溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この出願の発明は、溶接方法

に関するものである。さらに詳しくは、この出願の発明は、疲労強度の向上や溶接割れを防止して溶接するのに適した、構造物の補修溶接等としても有用な、新しいアーク溶接方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術とその課題】 従来、構造物の溶接、そして補修時の溶接等においては、冷却に伴う収縮によって溶接部に引張の残留応力が誘起され、溶接部の疲労強度が著しく低下したり、溶接割れが生じるという問題が避けられなかった。このような問題は、従来の溶接では、溶接金属が溶接の最終段階の室温付近で収縮するため引張残留応力が誘起され、その応力比効果で疲労強度が著しく低下することになった。また、その引張残留応力で割れが誘起されることになった。

【0003】 そこで、この出願の発明は、以上のとおり



3

の従来技術の問題点を解消し、溶接金属の溶込みを深くして、溶接止端部に誘起させる圧縮残留応力を容易に大きくすることができ、疲労強度の向上や溶接割れの防止に効果的な、改善された新しいアーク溶接方法を提供することを課題としている。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】この出願の発明は、上記の課題を解決するために、第1には、溶接が完了する室温もしくはその付近でマルテンサイト変態膨張が終了する溶接材料と炭酸ガス含有シールドガスとを用いて被溶接金属にアーク溶接を行うことを特徴とする溶接方法を提供する。

【0005】また、この出願の発明は、前記方法について、第2には、溶接材料は、NiとCrとを含有する合金とすることや、第3には、シールドガスは、炭酸ガスを10%以上含有し、不活性ガスを含有すること、第4には、補修溶接として行うことも提供する。

## 【0006】

【発明の実施の形態】この出願の発明は、以上のとおりの特徴をもつものであるが、原理的には、この発明の溶接方法は、溶接材料の変態膨張を利用して、溶接部に圧縮の溶接残留応力を導入し、その応力比効果で溶接部の疲労強度を向上させ、また溶接割れが問題となる対象に対しては溶接割れ起こすとなしに溶接することを可能としているものである。

【0007】溶接材料には、溶接が完了する室温もしくはその付近でマルテンサイト変態膨張が終了するものを用いる。このような溶接材料としては、NiおよびCrとを含有する合金材料がより適当なものとして例示される。一般的には、化学組成(重量%)として、Ni:20%以下、Cr:20%以下、そしてC(炭素):0.5%以下、Si:0.5%以下、Mn:2.0%以下、Mo:0.5%以下のような鉄基合金であることが望ましい。

【0008】もちろん必要に応じて、0.5%以下のNb, Ti, Al, W, Ta, V, Hf, Zr等を添加してもよい。ただし、NiおよびCrを除く、金属元素の総割合は、5.0%以下とすることが好ましい。そして、溶接時のシールドガスは、この発明においては、炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)を含有するものとし、好ましくは、Ar(アルゴン)等の不活性ガスとの混合ガス、もしくははこの不活性ガスを混合していない炭酸ガスのみのものである。混合ガスとする場合には、炭酸ガス濃度は、少なくとも10容量%以上、さらに好ましくは20容量%以上とする。最も好ましくは、100%CO<sub>2</sub>をシールドガスとする。

【0009】溶接はアーク溶接により行うことになる。この発明では、溶接素線に変態が室温付近で終了する材料と、シールドガスに炭酸ガスを含むものを用い、溶接金属が母材側に深く溶込む様になることによって溶接止端近傍の残留応力を容易に圧縮とすることを可能にして

4

いる。そして、溶接部の疲労強度を向上させ、また溶接割れを防ぐ。

【0010】そこで以下に実施例を示し、さらに詳しくこの発明の方法について説明する。

## 【0011】

【実施例】図1に示したように、主鋼板(1)に付加物(2)を角回溶接に溶接して継手構造を形成した。主鋼板(1)の板厚は20mm、板幅240mm、長さ800mmで、付加物(2)は、板厚20mm、高さ50mm、長さ150mmであり、付加物(2)の長手方向端部中央を起点とし、反対方向端部中央までの溶接を左右(A)(B)で行った。溶接積層(3)は単層とした。

【0012】溶接材料素線は、直径1.2mmでCを0.025重量%、Siを0.32重量%、Mnを0.70重量%、Niを1.0重量%、Crを1.0重量%、Moを0.13重量%含有する鉄基合金を用いた。マルテンサイト変態を室温付近で終了し、図2の実線に示したように溶接金属に圧縮残留応力が誘起される合金である。

【0013】シールドガスを変更して溶接を行った結果を示したものが図3である。(a)98%Arと2%O<sub>2</sub>(従来のシールドガス)、(b)80%Arと20%CO<sub>2</sub>、(c)100%CO<sub>2</sub>の結果を示している。

(c)の場合、板内面への溶込みが深くなっていることがわかる。また、鋳造製品の引巣部を充填する肉盛り溶接を実施したところ、従来の溶接で行った場合には溶接引張残留応力のために溶接割れを生じるのに対し、この発明の方法で同一の肉盛り溶接を行っても溶接割れは生じなかった。なお、この実施例では引巣部を補修したが、溶接欠陥部の補修に採用することもできる。

【0014】図4は疲労特性を表すS-N線図である。従来溶接継ぎ手の疲労特性は丸印で表すように図の左側に位置するのに対し、三角印で示すこの発明の方法を適用した継手の特性は右側に位置し、この発明によって製作した継手の疲労強度は従来のものに比べ向上している。次にこの発明の方法で補修溶接し、疲労強度を向上させた例を示す。まず、応力範囲100MPa繰返しを与えたところ、従来の継手は $1.72 \times 10^5$ 回で疲労き裂が生じた。そこで、このき裂部を除去してからこの発明の方法で肉盛り補修して同一条件で繰返し応力を与えたところ、40倍の寿命に至ってもき裂の発生は起こらなかった。なお、補修前後の板幅に沿う溶接残留応力の分布形態を示すと図5のようになる。従来継手では、破線に示すように板幅中央の残留応力は引張であるのに対し、本発明の方法で補修した後の溶接残留応力は板幅中央で圧縮となっていることがわかる。

## 【0015】

【発明の効果】以上詳しく説明したとおり、この出願の発明の方法によって、従来の溶接構造物で避けられなかった、高い引張残留応力を複雑な溶接プロセスを用いな

いでも容易に圧縮とすることを可能とし、疲労強度向上、溶接割れの防止を実現することができる。

【0016】複雑な溶接プロセスを用いずに、溶接部の疲労強度向上、溶接割れの防止を可能とするため、溶接構造の信頼性が高まり、かつ、工程の簡略性で経済効果を発揮することにもなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例の角回溶接継手を例示した平面図と正面図である。

【図2】冷却にともなう拘束された、溶接金属に生じる応力の変化を示した図である。

【図3】シールドガスの種類による溶接金属の溶込み深さの相違を示した図面に代わる断面写真である。

【図4】疲労S-N線図を示した図である。

【図5】補修溶接による溶接残留応力分布を示した図で

ある。

【符号の説明】

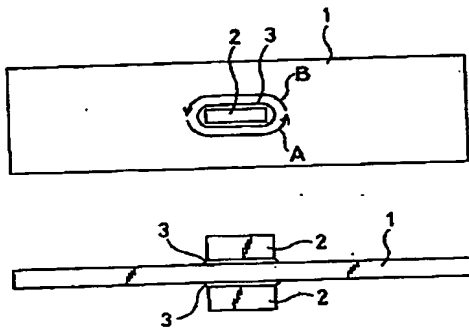
- 1 主鋼板
- 2 付加物
- 3 溶接積層

【要約】

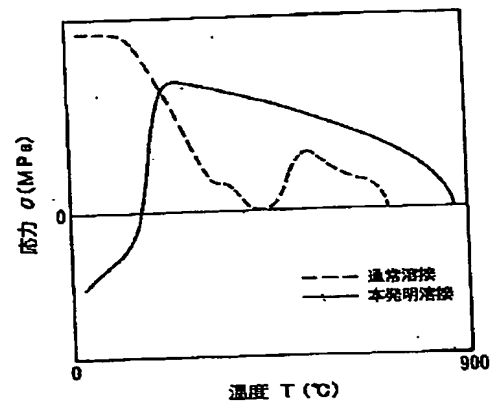
【課題】 溶接金属の溶込みを深くして、溶接止端部に誘起させる圧縮残留応力を容易に大きくすることができ、疲労強度の向上や溶接割れの防止に効果的な、改善された新しい溶接方法を提供する。

【解決手段】 溶接が完了する室温もしくはその付近でマルテンサイト変態膨張が終了する溶接材料と炭酸ガス含有シールドガスとを用いて被溶接金属にアーク溶接を行う。

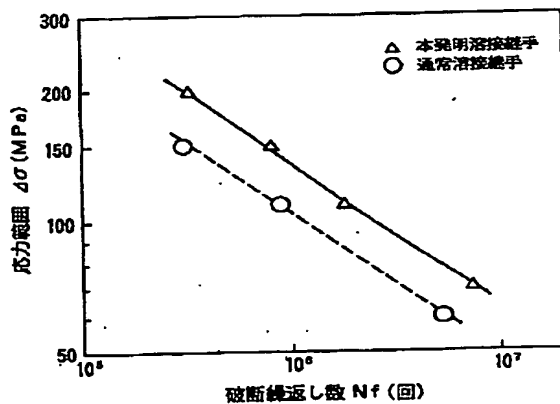
【図1】



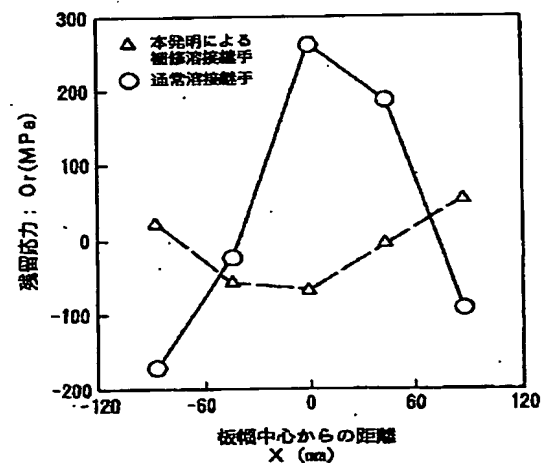
【図2】



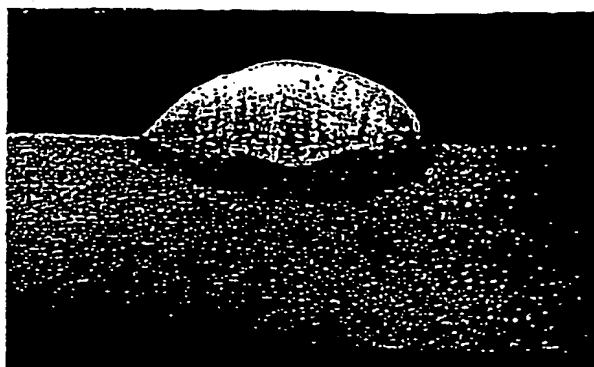
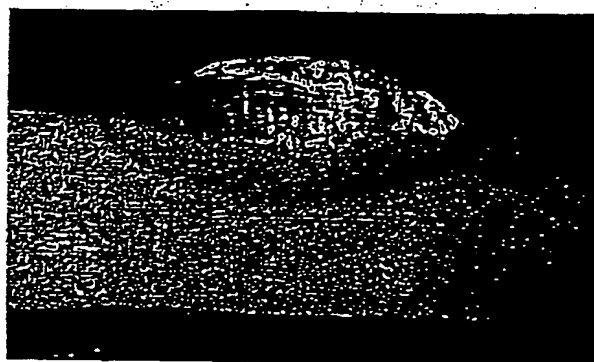
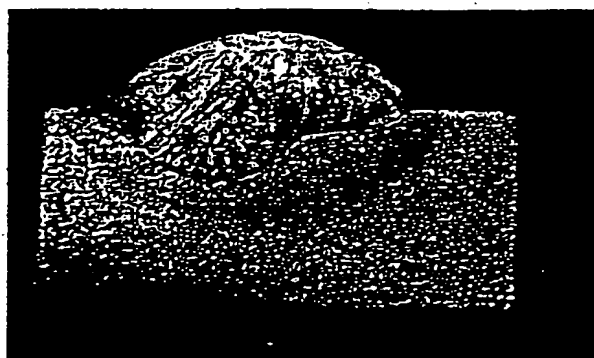
【図4】



【図5】



【図3】

(a) 98%Ar+2%O<sub>2</sub>(b) 80%Ar+20%CO<sub>2</sub>(c) 100%CO<sub>2</sub>

---

フロントページの続き(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

C 2 2 C 38/58

識別記号

F I

C 2 2 C 38/58

(56) 参考文献

|    |                     |
|----|---------------------|
| 特開 | 昭54-130451 (J P, A) |
| 特開 | 昭50-92844 (J P, A)  |
| 特開 | 昭58-151987 (J P, A) |
| 特開 | 昭58-141324 (J P, A) |
| 特開 | 昭63-118017 (J P, A) |
| 特開 | 昭58-173085 (J P, A) |
| 特開 | 昭54-95952 (J P, A)  |
| 特開 | 昭64-83378 (J P, A)  |

(58) 調査した分野(Int. Cl.<sup>7</sup>, DB名)

|      |       |
|------|-------|
| B23K | 9/16  |
| B23K | 31/00 |
| B23K | 35/30 |
| C22C | 38/00 |
| C22C | 38/44 |
| C22C | 38/58 |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**